

По результатам испытаний можно сделать следующие выводы.

1. Статистический анализ полученных результатов показал, что при выбранном объеме выборки ($n=3$) вероятность отличий средних арифметических значений потери массы образцов составила менее 0,95, т. е. изменение массы образцов до и после экспозиции в различных грунтах находится в пределах статистической погрешности.

2. Наблюдается изменение прочности при растяжении образцов (см. таблицу). Например, для простого грунта в среднем снижение прочностного показателя составило 30 %, для грунта с активным илом – 26 %, для грунта с добавлением обезвоженного осадка – 25 %.

В ходе данной работы в дальнейшем планируется продолжить экспозицию образцов в различных грунтах и рассмотреть вопросы интенсификации процессов деградации полимеров путем предварительной обработки с использованием УФ-облучения и воздействия повышенных и пониженных температур.

Библиографический список

1. Рзаев К.В. Новые реалии вторичной переработки полимерных материалов в России / К.В. Рзаев // Полимерные материалы. 2015. № 7. С. 4–12.
2. Агазамов Р.З. Оценка биологического разрушения и способы деградации полимерных материалов на основе полиэтилена: автореф. дис. ... канд. техн. наук (03.11.2011) / Агазамов Р.З. Казань: КНИТУ, 2011. 20 с.
3. ГОСТ Р 54651-2011 Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2012. 20 с.

УДК 678.03

Маг. А.В. Боровских
Рук. Н.М. Мухин
УГЛТУ, Екатеринбург

МОДИФИКАЦИЯ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ ИЗ КОММУНАЛЬНЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

В настоящее время значительную долю в общей массе твердых коммунальных и промышленных отходов составляют полимерные материалы на основе термопластичных полимеров (упаковка, тара, пленки, кусковые отходы и т.п.). Вторичная переработка полимерных отходов в изделия экструзией или литьем под давлением является приоритетным направлением их дальнейшего использования после рециклинга. Естественно, более качественные изделия получают из однородного по полимерной основе

регенерата, к чему и стремятся при его переработке (промышленные отходы). Однако полимерные отходы с полигонов утилизации представляют собой смесь различных видов полимеров (полиэтилен, полипропилен, полистирол, полиэтилентерефталат и т.п.). Частичная сортировка по плотности дробленых отходов методом гидравлической классификации после их промывки с дальнейшей экструзионной регенерацией способствует повышению однородности.

Целью данной работы является изучение влияния компаундирования модификаторами (компатибилизаторами) в виде суперконцентратов с различными видами функциональных групп (Additive-Masterbatch) на свойства регенерата вторичных полимерных материалов.

В качестве испытываемых материалов применялись измельченные полимерные отходы в виде дробленки, полученные от ООО “Уралтермопласт”, – две партии смесей № 1 и № 2 различных термопластов (полиолефины, полистирол, поливинилхлорид, АБС-пластики) и ООО “Озерская трубная компания” – смесь № 3 полиэтиленов различных марок.

Для модификации сырья применялись многофункциональные компатибилизаторы:

1) два продукта ЭТАЛИТЕН[®], применяемые для повышения ударопрочности и при переработке рециклинговых полимеров:

- EVA+LLDPE-g-SMA – полиэтилен линейный низкой плотности с привитыми функциональными ангидридными и карбоксильными группами (1);

- LLDPE-g-GMA – полиэтилен линейный низкой плотности с привитыми функциональными акрилатными и эпоксидными группами (2);

2) продукт “Booster PO” – скользящая добавка на основе олефиновых эластомеров, сэвилена и полиэтилена, повышающая ударопрочность (3).

Предварительно исследуемые полимерные смеси и смеси с введенными модификаторами гомогенизировали экструдированием с последующей грануляцией. Стандартные образцы для определения физико-механических свойств регенерата (брусек 80×10×4 мм и лопатка 80×5×4 мм) были отлиты в двухгнездной форме на вертикальной литьевой машине ШПДа.

Реологические свойства изучались на приборе ИИРТ-А, прочность при растяжении на разрывной машине 2166 Р-5 [1]. На твердомере БТШПСР У42 оценивались твердость по Бринеллю и контактный модуль упругости по Герцу при вдавливании шарика Ø5 мм, а также нормальный модуль упругости при вдавливании индентора Ø50 мм [2]. На приборе Динстат-Дис (Д-Д) были определены ударная вязкость с надрезом бритвенным лезвием [3] на глубину 1/3 толщины образца, напряжение при изгибе при стреле прогиба 0,5 мм и максимальный модуль упругости при изгибе.

Свойства образцов из исследуемых смесей вторичных полимеров представлены в таблице 1.

Таблица 1

Реологические и физико-механические свойства вторичных термопластов

Показатели	Полимерные смеси		
	№ 1	№ 2	№ 3
Зольность, %	1,31	1,28	0,69
Плотность, кг/м ³	936	951	0,932
ПТР (Т=190 ⁰ С; Р=21,19 Н), г/10 мин	2,0	1,4	4,0*
Плотность расплава, кг/м ³	792	813	803*
Коэффициент консистенции расплава, кПа·с	2,1	3,1	2,5*
Предел текучести при растяжении, МПа	15	16	14
Прочность при разрыве, МПа	18	17	16
Относительное удлинение при разрыве, %	377	331	291
Ударная вязкость с надрезом, кДж/м ² (по Д-Д)	12,5	11,2	13,5
Напряжение при изгибе, МПа (по Д-Д)	5,3	5,8	10,6
Модуль упругости при изгибе, МПа (по Д-Д)	746	671	670
Твердость по Бринеллю, МПа	38	49	26,7
Пластичность, %	18	12	15
Контактный модуль упругости, МПа	433	600	280
Нормальный модуль упругости, МПа	853	1100	955
Примечание: * – при нагрузке 49,05 Н.			

Показатели реологических и механических свойств по прочности при растяжении, ударной вязкости, модулю упругости практически у разных композиций одинаковые. В то же время твердость и контактный модуль упругости при вдавливании шарика Ø5 мм композиции № 3 ниже, чем у первых двух композиций, что соответствует ее составу: полиэтилен имеет пониженное значение твердости. Наличие в составах № 1 и № 2 жестких полимеров полистирола, поливинилхлорида, АБС увеличило твердость образцов.

Влияние введения 5 % модификаторов и смеси модификаторов (2) и (3) (2,5:2,5 %) на качество литевых образцов было изучено на композиции № 2, как имеющей более высокие показатели свойств. Результаты испытаний показывают снижение вязкости расплава и ударной вязкости с надрезом, повышение предела текучести при растяжении (табл. 2). Наблюдается смещение точки хрупкопластического перехода в сторону снижения скорости деформации при растяжении [3]. Введение смеси модификаторов (2) и (3) оказалось более эффективным для повышения предела текучести при растяжении и нормального модуля упругости регенерата, но оно приводит к значительному снижению относительного удлинения.

Таблица 2

Свойства модифицированной композиции № 2

Показатели	Модификаторы			
	1	2	3	2:3
ПТР ($T=190^{\circ}\text{C}$; $P=21,19\text{ Н}$), г/10 мин	1,7	1,7	1,5	1,6
Плотность расплава, кг/м^3	794	791	749	810
Коэффициент консистенции расплава, $\text{кПа}\cdot\text{с}$	2,5	2,5	2,7	2,7
Предел текучести при растяжении, МПа	17	17	24	20
Прочность при разрыве, МПа	15	16	19	16
Относительное удлинение при разрыве, %	296	307	238	138
Ударная вязкость с надрезом, кДж/м^2 (по Д-Д)	8,9	10,7	9,8	9,1
Напряжение при изгибе, МПа (по Д-Д)	6,7	6,9	6,1	6,0
Модуль упругости при изгибе, МПа (по Д-Д)	944	996	915	942
Твердость по Бринеллю, МПа	43	-	-	47
Пластичность, %	22	-	-	18
Контактный модуль упругости, МПа	502	-	-	1440
Нормальный модуль упругости, МПа	730	-	-	1990

Библиографический список

1. Крыжановский В.К. Прикладная физика полимерных материалов: учеб. пособие / В.К. Крыжановский, В.В. Бурлов. СПб: СПбГТИ(ТУ). 2001. 261 с.
2. Лукин В.В. Определение нормальной упругости при вдавливании сферического наконечника / В.В. Лукин, Ф.С. Савицкий // Сб. Исследование в области измерения твердости / Труды метрологических институтов СССР. Вып. 91(15). М.–Л.: Издательство стандартов, 1967. С. 91–94.
3. Полимерные смеси. Том II: Функциональные свойства / Под ред. Д.Р. Пола и К.Б. Бакнелла / Пер. с англ. под ред. В.Н. Кулезнева. СПб.: Научные основы и технологии. 2009. 606 с.